

# 一种新的移动 IPv6 移动性管理策略

王 煜<sup>1</sup>, 韦 岗<sup>1</sup>, 孙 玉<sup>2</sup>

(1. 华南理工大学电子与信息学院, 广东广州 510641;  
2. 信息产业部通信测控技术研究所, 河北石家庄 050081)

**摘 要:** 在 IETF 制定的移动 IPv6 移动性管理策略中, 当移动主机每次从一个子网移动到另一个子网时, 都需要对家乡代理和相应的通信主机进行绑定更新, 这就导致网络总的绑定和发送代价过高. 本文提出了一种新的移动性管理策略, 在利用现有网络结构的基础上, 通过将移动主机的移动分为本地移动和家乡移动两种类型, 来减少移动主机向家乡代理和相应的通信主机发送绑定更新消息, 从而降低网络的绑定代价, 使网络的性能得到改善.

**关键词:** 移动 IPv6; 移动性管理; 呼叫移动比

**中图分类号:** TP393.02 **文献标识码:** A **文章编号:** 0372-2112 (2004) 01-0001-04

## A New Mobility Management Scheme for Mobile IPv6

WANG Yu<sup>1</sup>, WEI Gang<sup>1</sup>, SUN Yu<sup>2</sup>

(1. College of Electronics and Information, South China Univ. of Technology, Guangzhou, Guangdong 510641, China;  
2. The Communication, Telemetry & Telcontrol Research Institute of MEI, Shijiazhuang, Hebei 050081, China)

**Abstract:** According to the Mobile IP mobility management scheme proposed by IETF, a mobile host must update its home agent and correspondent hosts whenever it moves from a subnet to another. This will result in the high binding and delivery costs in the networks. In this paper, we present a new mobility management scheme, which can reduce the binding and delivery costs and improve the performance of the network by detecting local movement and home movement to decrease the number of binding and updating messages sent to its home agent and correspondent hosts, on the base of the current network architecture.

**Key words:** mobile IPv6; mobility management; DMR (delivery/movement)

## 1 引言

随着移动无线通信的快速发展, 为 Internet 设备提供移动性支持变得越来越重要. 在最初设计 TCP/IP (Transmission control Protocol/Internet Protocol) 协议时, 并没考虑节点的移动性问题. 因此, 应当对 IP 协议进行扩展, 使其具有移动性管理的功能, 使数据包的发送与目的节点所在的位置无关. 为了支持 Internet 移动设备, IETF 制定了相应的协议—移动 IP. 它有两个版本, 一个是基于 IPv4 的移动 IPv4, 另一个是基于 IPv6 的移动 IPv6. 本文主要讨论移动 IPv6 的移动性管理问题.

在移动 IPv6<sup>[2]</sup> 中, 每一个移动主机都拥有一个基于其家乡网络地址前缀的永久性 IP 地址, 称之为家乡地址. 当移动主机位于其家乡网络中时, 它就是一个固定节点, 不执行任何移动 IP 的功能. 当移动节点移动到一个外地网络时, 它就构建一个临时 IP 地址, 称之为转交地址. 然后移动节点向它家乡网络中一特定路由器 (称之为家乡代理) 和绑定更新列表中包含的通信节点发送绑定更新消息, 使家乡代理和通信节点及时得到移动节点当前的网络接入点. 若 IP 网中某一节点不知道移动主机当前的转交地址, 那么该节点发往移动主机的

数据包要经过家乡代理转发. 当移动节点收到一个从家乡代理转发来的数据包, 它就向发送数据包的源节点发送绑定更新消息, 使源节点可以直接向移动节点发送数据包, 而不需要经过家乡代理的转发.

这种移动性管理策略虽然在实现上简单易行, 但仍存在缺陷, 主要表现在, 无论何时移动主机从一个子网移到另一个子网, 它都要向家乡代理和相应的通信节点发送绑定更新消息. 特别是当移动主机通过无线网络接入 IP 网, 且其接入点远离其家乡网络时, 频繁的移动会大大增加绑定更新的代价<sup>[3]</sup>.

为了解决这个问题, 人们提出了分层移动性管理的策略<sup>[4]</sup>. 主要思想是在移动主机和家乡代理之间增加若干不同级别的位置代理. 当移动主机从一个子网移动到另一个子网时, 只是更新相关级别的位置代理, 而不是更新家乡代理和相应的通信主机. 虽然这种策略可以缓解网络中的更新代价, 但却增加了网络改造的复杂性. 主要体现在要对网络中位置代理的位置和层次进行规划, 并且为了使不同级别的代理之间要能够协同工作, 还需要增加相应的管理机制.

本文提出了一种新的移动 IPv6 移动性管理策略, 它在利

用现有网络结构的基础上,通过降低网络中移动主机的位置更新代价,使总的绑定和发送代价得到改善.

本文的第二部在分析了 IP 网的网络结构基础上,提出了一种新的移动性管理策略;为了分析移动性管理策略的性能,在第三部分建立了网络仿真模型,其中包括网络拓扑模型、移动节点在某一子网的驻留时间模型、移动性模型和呼叫模型等.在网络仿真模型的基础上,分析了在不同移动性管理策略下绑定和发送代价,并对仿真结果进行了分析和比较.最后给出了结论.

## 2 一种新的移动 IPv6 移动性管理策略

在分析了 IP 网的网络结构基础上,提出了一种新的移动 IPv6 移动性管理策略.

### 2.1 IP 网的网络结构

在 IP 网中,各个子网是通过路由器实现互通的,每个路由器要与两个或多个子网相连,如图 1 所示.路由器 R3、R4、R6 各连接两个子网,R5 连接三个子网.

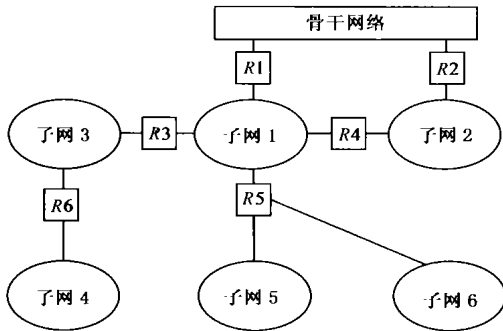


图 1 IP 网网络结构

特别在移动互连网中,移动主机通过无线信道与基站相连,基站通过有线网络与 IP 网的接入路由器相连,接入路由器与 IP 骨干网相连,这样就使移动主机得以接入 IP 网,如图 2 所示.作为接入 IP 网的接入路由器除了要与固定骨干网相连外,还要与几个子网相连,如子网 1、2、4、5 通过接入路由器 1 接入骨干网,子网 3、6 通过接入路由器 2 接入骨干网,这些子网在地理位置上是相邻的.移动主机在这样的蜂窝网中移动时,它每次移动只能移动到与当前蜂窝相邻的蜂窝中,就是说只能移动到属于同一子网的蜂窝,或相邻子网的蜂窝中.当

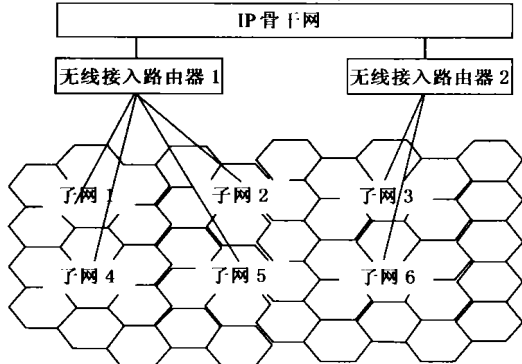


图 2 无线接入网的网络结构

移动主机移动到与相同接入路由器相连的子网中时,虽然它的转交地址要发生变化,但与 IP 网相连的接入点不变.只有当移动主机移动到不同接入路由器控制的子网中时,它与 IP 网的接入点才发生改变.例如,假定移动主机当前位于子网 2 所包含的某一蜂窝中,它通过接入路由器 1 接入 IP 网.当它移动到子网 1、2、4、5 所包含的蜂窝中时,它仍通过接入路由器 1 接入 IP 网.只有当它移动到子网 3、6 所包含的蜂窝中时,它才改变 IP 网接入点,通过接入路由器 2 接入骨干网.

下面介绍的移动 IPv6 的移动性管理策略,正是利用了 IP 网网络结构的这种特点,在改善移动主机绑定更新代价的同时,又没有对网络结构作较大的改变.

### 2.2 一种新的移动 IPv6 移动性管理策略

这种新的移动 IPv6 移动性管理的目的是在不对网络结构作较大改变的前提下,通过减少移动主机向家乡代理和相应的通信节点发送绑定更新消息,来降低网络的绑定代价,进而降低总的绑定和发送代价.其主要思想是,将绑定更新请求分为两种类型,一类是当移动主机在同一个接入路由器所控制的子网间移动时,移动主机虽然获得了新的转交地址,但不向家乡代理和相应的通信主机发送绑定更新请求,而只是通知接入路由器,通过改变路由器中关于该移动主机的寻径表,来实现数据包的转发.我们称这种绑定更新类型为本地更新.另一种类型是当移动主机移动到不同接入路由器所控制的子网时,就执行移动 IPv6 所规定的操作.我们称之为家乡更新.下面为了叙述方便,我们将 IETF 制定的移动 IPv6 移动性管理策略称为传统策略,将这种新的移动性管理策略称为改进策略.

当执行了家乡更新操作后,发往移动节点的数据包按照传统策略进行转发.当执行了本地更新操作后,家乡代理向移动主机转发的数据包,以及相应的通信主机向移动主机发送的数据包都以其注册的移动主机转交地址为目的地址,这样数据包被发送到移动主机的接入路由器中.因为移动主机在执行本地更新操作后,接入路由器未改变,且接入路由器根据本地更新消息,修改了关于移动主机的寻径表,所以接入路由器可以将收到的数据包转发到移动主机当前所在的位置.

## 3 性能分析

在这部分,通过建立仿真模型,对在传统策略和改进策略下,移动主机的绑定代价和发送代价进行了分析.

### 3.1 仿真模型

仿真网络拓扑模型如图 2 所示.移动主机通过一个蜂窝网络接入 IP 网.由于移动 IP 只解决主机在子网间移动的宏移动性问题<sup>[5]</sup>,所以本文不涉及蜂窝级移动的微移动性问题.当移动主机从一个子网移动到另一个子网时,就说移动主机发生了一次移动,并且只能移动到与原子网相邻的子网中.

我们假定移动主机的运动模式服从随机游走模型,并设当移动主机发生移动时,从当前子网移动到属于同一接入路由器子网中的概率为  $p$ ,移动到其它子网中的概率为  $(1-p)$ .

设移动主机在子网中的驻留时间服从参数为  $1/\lambda_m$  的负指数分布.到达移动主机的数据包服从参数为  $\lambda$  的泊松分布.

把移动主机与网络中其它主机的通信过程看作一个生灭过程, 其状态空间  $S = \{0, 1, 2, 3, \dots\}$  表示当前在移动主机的绑定更新列表中的通信主机数目. 设由状态  $i$  跃迁到状态  $i + 1$  的转移概率为  $b_i$ , 由状态  $i + 1$  跃迁到状态  $i$  的转移概率为  $d_{i+1}$ . 可以认为对所有的状态  $i$ ,  $b_i = b$ ,  $d_{i+1} = d$ . 则稳定状态概率分布为:

$$\pi_i = (1 - b/d)(b/d)^i \quad (1)$$

其中  $b < d$ . 由此可见稳定状态概率分布是参数为  $(1 - b/d)$  的改进型几何分布. 因此, 在稳定状态, 移动主机绑定更新列表中的通信主机数目的数学期望为:

$$\frac{(b/d)}{[1 - (b/d)]} = \frac{b}{d - b} \quad (2)$$

### 3.2 代价计算

这里分析的代价包括绑定代价和数据发送代价. 为简化分析, 认为家乡代理、通信主机和接入路由器在处理绑定更新请求时的处理代价是相等的, 用  $C_A$  表示; 数据包的传输代价与源节点、目的节点之间的距离成正比, 比例因子用  $\delta_T$  表示, 并设家乡代理和接入路由器之间的平均传输代价为  $C_{ha}$ , 通信主机与接入路由器之间的平均传输代价为  $C_{ca}$ , 接入路由器与移动主机之间的平均传输代价为  $C_{am}$ .

**3.2.1 传统策略的绑定代价和发送代价** 当移动主机发生移动时, 移动主机通过接入路由器向家乡代理和相应的通信主机发送绑定更新请求, 家乡代理和相应的通信主机在处理完这个消息后, 向移动主机发回绑定更新应答, 这时移动主机的绑定代价为

$$2C_{am} + 2C_{ha} + C_A + (2C_{am} + 2C_{ca} + C_A) \frac{b}{d - b} \quad (3)$$

这里用数据包从源节点传到目的节点所经过的路由器跳数来表示两个节点之间的距离. 设家乡代理和接入路由器之间的平均距离为  $k$ , 通信主机与接入路由器之间的平均距离为  $n$ , 因为传输代价与距离成正比, 比例因子为  $\delta_T$ , 所以  $C_{ha}$  和  $C_{ca}$  可以写成

$$C_{ha} = k\delta_T \quad (4)$$

$$C_{ca} = n\delta_T \quad (5)$$

由于无线链路的传输代价总比有线链路的传输代价高. 我们设无线链路上的传输代价是  $\delta_T$  的  $m$  倍, 则  $C_{am}$  可以写成

$$C_{am} = m\delta_T \quad (6)$$

将式(4)、(5)和(6)代入式(3), 得

$$2[k + m + \frac{b}{d - b}(n + m)]\delta_T + (1 + \frac{b}{d - b})C_A \quad (7)$$

单位时间内移动主机的平均绑定代价( $Reg_{mp}$ )为:

$$Reg_{mp} = \lambda_m [2[k + m + \frac{b}{d - b}(n + m)]\delta_T + (1 + \frac{b}{d - b})C_A] \quad (8)$$

在移动主机两次移动之间, 通信主机向移动主机发送数据包所消耗的平均代价 ( $Del_{mp}$ ) 为:

$$Del_{mp} = \frac{\lambda_c}{\lambda_m} (n + m) \delta_T \quad (9)$$

则传统策略总的绑定和传输代价 ( $Cost_{mp}$ ) 为:

$$Cost_{mp} = Reg_{mp} + Del_{mp} \quad (10)$$

**3.2.2 改进策略的绑定代价和发送代价** 当移动主机在属

于同一接入路由器的子网间移动时, 它的绑定代价为

$$2C_{am} + C_A = 2m\delta_T + C_A \quad (11)$$

当移动主机在属于不同接入路由器的子网间移动时, 它的绑定代价与传统策略一样. 这样在改进策略下, 移动主机的平均绑定代价 ( $Reg_{new}$ ) 为

$$Reg_{new} = p\lambda_m(2m\delta_T + C_A) + (1 - p)Reg_{mp} \quad (12)$$

由于移动主机在发生本地更新后, 接入路由器在转发发往移动主机的数据包时要多做一次寻径表查询, 所以在这种情况下接入路由器在处理数据包时消耗的代价要比传统策略时高, 假定两者的差值为  $\Delta$ .

在移动主机发生一次本地更新到下一次更新之间, 通信主机向移动主机发送数据包所消耗的平均代价为

$$\frac{\lambda_c}{\lambda_m} (n + m) \delta_T + \Delta \quad (13)$$

在移动主机发生一次家乡更新到下一次更新之间, 通信主机向移动主机发送数据包所消耗的平均代价与传统策略时一样. 在改进策略下, 平均发送代价 ( $Del_{nac}$ ) 为

$$Del_{nac} = p \frac{\lambda_c}{\lambda_m} [(n + m) \delta_T + \Delta] + (1 - p) Del_{mp} \quad (14)$$

所以改进策略下, 总的绑定和发送代价 ( $Cost_{new}$ ) 为

$$Cost_{mp} = Reg_{new} + Del_{new} \quad (15)$$

### 3.3 结果分析

下面引入一个参数发送移动比 (DMR, delivery/movement)<sup>[1, 7]</sup>, 它表示对一个移动主机而言, 单位时间内收到的数据包数量与单位时间内移动的次数的比率.

由于选择合适的模型参数以反映所有实际网络的特性往往是很困难的, 所以下面将着重比较在不同发送移动比下, 传统策略和改进策略绑定和发送代价的差异.

我们设  $\delta_T = 1$ ,  $C_A = 0$ ,  $\Delta = 0.5$ ,  $p = 0.5$ ,  $k = 5$ ,  $n = 5$ ,  $m = 2$ . 它们的分析结果如图 3 至 6 所示.

图 3 表示的是在传统策略和改进策略下, 绑定代价与发送移动比的关系. 从中可以看出, 无论发送移动比高还是低, 改进策略下的绑定代价要比传统策略低. 图 4 表示的是在传统策略和改进策略下, 发送代价与发送移动比的关系. 从图 4 可以看出, 随着发送移动比的增加, 改进策略下的发送代价比传统策略下的发送代价有略微增加. 图 5 表示的是总的绑定

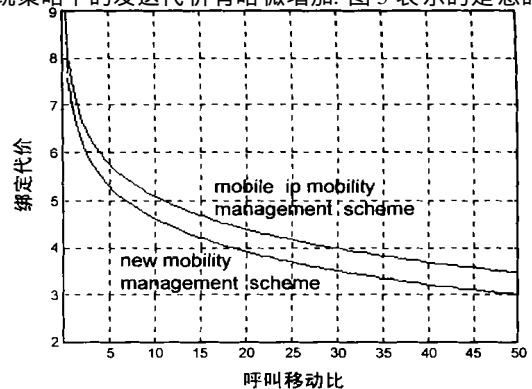


图 3 两种策略下的绑定代价

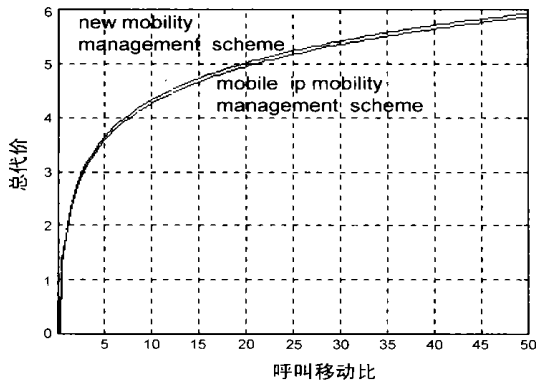


图 4 两种策略下的发送代价

代价与发送代价与发送移动比的关系。从中可以看出，当发送移动比低时，改进策略下的总代价要比传统策略低，当发送移动比高时，两种策略下总的代价则差别不大。图 6 表示的是移动主机移动到属于同一接入路由器子网的概率对总的绑定和发送代价的影响。从中可以看出，此概率越大，则在发送移动比低时，总的代价越小，且当概率为 0 时，改进策略就等价于传统策略；而在发送移动比高时，总的代价则差别不大。

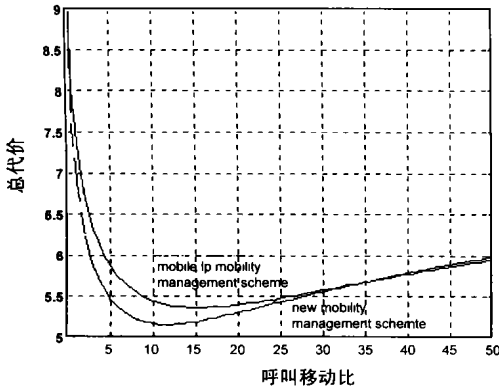


图 5 两种策略下总的绑定和发送代价

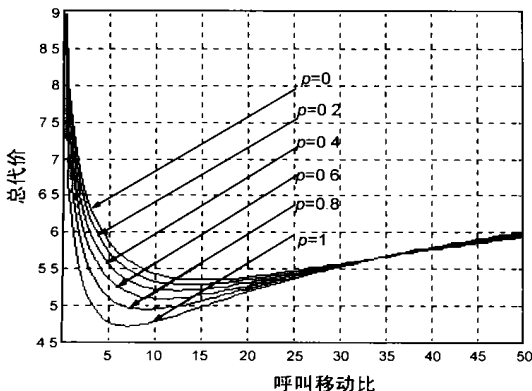


图 6 移动主机移入同属一个接入路由器子网概率对改进策略总代价的影响

通过上面分析不难看出，改进策略在发送移动比低时，能够有效地降低总的绑定和发送代价，在发送移动比高时，总的绑定和发送代价则与传统策略差别不大。因此总的来说，这种新的移动 IPv6 移动性管理策略能够有效地降低绑定和发送代价，在性能上要优于传统策略。

### 4 总结

本文提出的新的移动 IPv6 移动性管理策略在利用现有网络结构的基础上，在不对网络结构作较大改变的前提下，通过减少移动主机向家乡代理和相应的通信节点发送绑定更新消息，来降低网络的绑定代价，进而降低总的绑定和发送代价，使网络的性能得到改善。

### 参考文献:

- [ 1 ] Yigal B, Israel C. An anchor chain scheme for IP mobility management [A]. Proc. of INFOCOM' 2000 [C]. Tel Aviv, Israel, 2000(2): 765-774.
- [ 2 ] David B.J. Mobility Support in IPv6 [S]. IETF Internet draft, draft ietf mobileip ipv6 14. txt, July 2000(草案).
- [ 3 ] Foo S F, Chua K C. Regional Aware Foreign Agent (RAFA) for Fast Local Handoffs [M]. IETF Internet draft, draft chuafoo mobileip rafar 00. txt, November 1998.
- [ 4 ] Hesham S. Hierarchical MIPv6 mobility management (HMIPv6) [S]. IETF Internet draft, draft ietf mobileip hmip v6 04. txt, July 2001.
- [ 5 ] Solomon J. Applicability Statement for IP Mobility Support [S]. IETF Internet RFC 2005, October 1996.
- [ 6 ] 毛育才, 胡奇兵. 随机过程[M]. 西安: 西安电子科技大学出版社, 1999.
- [ 7 ] Ho J S M, Akyildiz F. Dynamic hierarchical database architecture for location management in PCS networks [J]. IEEE/ACM Trans. On Networking, 1997, 5(5): 646- 660.

### 作者简介:



王 焜 男, 1971 年 1 月生于河北省石家庄市, 华南理工大学电子与信息学院博士研究生, 1993 年从燕山大学无线电技术专业毕业, 并获得工学学士学位; 1993 年至 1997 年在信息产业部电子第 54 所从事局用程控交换机、ATM 交换机的研究开发; 1997 年至 2000 年就读信息产业部电子第 54 所信息与通信系统专业硕士研究生, 并获得硕士学位; 2000 年至今, 就职于广州金鹏集团有限公司, 从事第三代移动通信系统的研究开发。主要研究方向: 第三代移动通信系统、移动 IP、移动性管理。Email: wangy@gzjg.com

韦 岗 男, 1963 年生于广西, 华南理工大学电子与信息学院教授、博士生导师, 主要研究方向有神经网络、智能信息处理、信号处理、模式识别。